



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ABAETETUBA
CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA**

RONIELY ARAÚJO BALACOL ANDRADE

APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA NA PERSPECTIVA DA NEUROCIÊNCIA:
um panorama de pesquisas dos últimos anos para compreender os processos neurais
envolvidos na aprendizagem de matemática

BARCARENA - PA
2024

RONIELY ARAÚJO BALACOL ANDRADE

APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA NA PERSPECTIVA DA NEUROCIÊNCIA:
um panorama de pesquisas dos últimos anos para compreender os processos neurais
envolvidos na aprendizagem de matemática

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Abaetetuba, como requisito obrigatório para obtenção do grau de licenciada em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Feio Lima.

BARCARENA - PA
2024

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

A553a Andrade, Roniely Araújo Balacol.
Aprendizagem de matemática na perspectiva da neurociência :
um panorama de pesquisas dos últimos anos para compreender os
processos neurais envolvidos na aprendizagem de matemática /
Roniely Araújo Balacol Andrade. — 2024.
27 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Reinaldo Feio Lima
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Abaetetuba, Curso de
Matemática, Abaetetuba, 2024.

1. Neurociência . 2. Aprendizagem de matemática . 3.
Pesquisa bibliográfica . I. Título.

CDD 510.7

RONIELY ARAÚJO BALACOL ANDRADE

APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA NA PERSPECTIVA DA NEUROCIÊNCIA: um panorama de pesquisas dos últimos anos para compreender os processos neurais envolvidos na aprendizagem de matemática

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Abaetetuba, como requisito obrigatório para obtenção do grau de licenciada em Matemática.

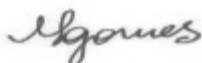
Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Feio Lima.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
gov.br REINALDO FEIO LIMA
Data: 07/03/2024 20:00:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Abaetetuba (PA), 28 de fevereiro de 2024.

Prof. Dr. Reinaldo Feio Lima
Presidente/Orientador



Prof. Dr.ª Maria de Lourdes Sousa Gomes
Membro Interno – FACET/CUBT

Documento assinado digitalmente
gov.br ADY WALLACE JAQUES SILVA
Data: 07/03/2024 20:07:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Ady Wallace Jaques Silva
Membro Externo – UFPA

AGRADECIMENTOS

Ao final deste artigo quero agradecer,

A **Deus** por me proporcionar viver experiências enriquecedoras que envolveram aprendizados de vida, que ocasionaram uma resiliência diante das dificuldades, experiências estas que iram ficar gradadas com afeto em minha memória.

Aos meus pais, **José Maria de Oliveira Andrade** e **Rosilene Araújo Balacol Andrade**, que foram minha base de sustentação, me apoiaram e incentivaram a persistir e ousar entra em uma universidade federal pública, que foi uma conquista muito sonhada, agradeço também por todos os ensinamentos e o suporte necessário para minha formação.

Aos meus avós paternos **Marcelino da Silva Andrade** e **Candida de Oliveira Andrade** e aos avós maternos **José Pontes Balacol** e **Maria Araújo Balacol**, por todo afeto, amor e exemplos compaixão, força e resiliência que ensinaram.

A todos os meus familiares, tios, primos e amigos que estiveram presentes e me apoiaram nessa jornada acadêmica.

Ao meu orientador, Prof. Dr. **Reinaldo Feio Lima**, por aceitara orientar este trabalho, sempre se mostrando disponível e trazendo contribuições pertinentes para esta pesquisa.

Agradeço também aos meus colegas de turma, da UFPA-Campus Abaetetuba do Polo de Barcarena, **Maria Monteiro Gomes**, **Clecilma Monteiro Guedes**, **Cristina Helena da Conceição Pantoja**, **Dulcirene Cunha Almeida**, **David Geandson da Conceição Bailão Araújo**, **Flávio Ruan da Conceição Trindade**, **Luciana Campos da Costa**, **Jowellington Valente Pedreira** e **Marlon Ribeiro Costa**, por estamos juntos nesta jornada universitária, cuja compartilhamos de momentos bons e difíceis em nossa formação. A todos,

Muito obrigado!

Roniely Araújo Balacol Andrade

APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA NA PERSPECTIVA DA NEUROCIÊNCIA: um panorama de pesquisas dos últimos anos para compreender os processos neurais envolvidos na aprendizagem de matemática

Roniely Araújo Balacol Andrade¹
Reinaldo Feio Lima²

RESUMO

O ensino de matemática na perspectiva da Neurociência cognitiva é um tema que vem ganhando relevância nas últimas décadas e gerando impactos na literatura, sendo uma área que estuda o sistema nervoso central aplicada ao ensino que visa compreender como ocorre a aprendizagem. Este trabalho tem como objetivo discorrer sobre as contribuições da Neurociência no entendimento dos principais aspectos e regiões cerebrais envolvidos na aprendizagem de matemática. A pesquisa se justifica pelo fato de ao compreender melhor os processos neurais envolvidos na aprendizagem de matemática, os educadores poderão desenvolver estratégias alinhadas às características naturais do cérebro. Utilizamos uma abordagem qualitativa de tipo bibliográfico pelo fato de permitir uma ampla revisão da literatura sobre o tema de interesse, trazendo as principais abordagens, métodos e resultados encontrados pelos autores estudados. As pesquisas do *corpus* demonstram os preceitos da Neurociência na perspectiva da aprendizagem, considerando o cérebro como o lugar onde acontecem as mudanças para a aprendizagem. Além disso, a Neurociência aplicada à educação não se mostra uma nova pedagogia para substituir as existentes e nem a solução para todos os problemas da aprendizagem, mas agrega ainda mais cientificidade e embasamento às teorias pedagógicas existentes.

Palavras-chave: Neurociência; Aprendizagem de matemática; Pesquisa bibliográfica.

INTRODUÇÃO

O ensino de matemática é um desafio para muitos educadores que buscam formas de tornar a aprendizagem mais eficaz e prazerosa para os alunos. Uma das abordagens que vem ganhando destaque nos últimos anos é a da Neurociência aplicada a educação que estuda os processos cerebrais envolvidos no desenvolvimento do aprendizado e de habilidades inclusive de matemática (RIBEIRO, 2022).

O ensino de matemática na perspectiva da Neurociência cognitiva é um tema que vem ganhando relevância nas últimas décadas e gerando impactos na literatura, sendo uma área que estuda o sistema nervoso central aplicada ao ensino e visa compreender como ocorre a aprendizagem, o processamento de informações e os fatores que influenciam esse processo. O objetivo desta pesquisa busca compreender as contribuições da Neurociência para a aprendizagem de matemática.

¹ Acadêmico do curso de Licenciatura em Matemática, na Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Abaetetuba, Polo Barcarena. E-mail: roni00e7@gmail.com

² Professor Adjunto da área de Educação Matemática, lotado na Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia (FACET), do Campus Universitário de Abaetetuba (UFPA), Mestre em Educação em Ciências Matemática (PUCRS) e Doutor em Educação (UFBA). E-mail: reinaldo.lima@ufpa.br

A matemática pode gerar desenvolvimento cognitivo lógico e criativo nos indivíduos, alimentando a capacidade cerebral. No entanto, muitos estudantes enfrentam dificuldades na aprendizagem de matemática, podendo resultar em baixo desempenho, falta de confiança em suas habilidades ou até mesmo aversão à disciplina. Esta pesquisa se justifica porque ao compreender melhor os processos neurais envolvidos na aprendizagem de matemática, os educadores poderão desenvolver estratégias alinhadas às características naturais do cérebro. Desse modo, o objetivo deste estudo é discorrer as contribuições da Neurociência no entendimento dos principais aspectos e regiões cerebrais envolvidos na aprendizagem de matemática.

Assim, apresentamos um panorama de pesquisas que exploram as contribuições da Neurociência cognitiva para o ensino de matemática, destacando os principais conceitos e aspectos catalogados. Trata-se de um trabalho de cunho qualitativo, que busca fazer uma pesquisa bibliográfica através da plataforma do Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), uma importante fonte de base de dados conhecida nacionalmente pela qualidade e cientificidade.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa com abordagem qualitativa de cunho bibliográfico, cuja escolha se justifica pelo fato de permitir uma ampla revisão da literatura sobre o tema de interesse, trazendo as principais abordagens, métodos e resultados encontrados pelos autores. De acordo com Severino (2016, p. 131), “[...] os textos tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados. O pesquisador trabalha a partir das contribuições dos autores dos estudos analíticos constantes dos textos”. Ainda, possibilita uma análise crítica e comparativa das diferentes perspectivas e argumentos, sendo um processo fundamental para coleta e análise de informações relevantes.

Utilizamos como base de dados, no portal *online* de periódicos o Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, um órgão governamental extremamente relevante em que os estudos registrados em seu banco de dados geralmente passam por um rigoroso processo de revisão e seleção antes de serem aprovados, isso garante alta qualidade na pesquisa e uma ampla área de conhecimento científico, pois são disponibilizados milhares de trabalhos acadêmicos de pós-graduação no Brasil, promovendo o compartilhamento do conhecimento científico nacional.

Utilizando o descritor “Neurociência e ensino de matemática”, no mecanismo de pesquisa da plataforma com o operador booleano AND, verificamos 182 registros, após isso, ao realizar a seleção, foi necessário estabelecer critérios de inclusão e exclusão para refinar as pesquisas. Tais critérios são estabelecidos para garantir que a pesquisa seja realizada de maneira consistente, objetiva e confiável, evitando a inclusão de estudos duplicados ou muito semelhantes, além de delinear o escopo da pesquisa ao trazer resultados relevantes.

Para inclusão de trabalhos, estabelecemos os seguintes critérios: (i) recorte temporal dos últimos cinco anos (2019 a 2023), com a justificativa da produção acadêmica com a necessidade de acesso a informações atualizadas, relevância para pesquisa contemporânea e economia de tempo e recursos, garantindo que as pesquisas selecionadas estejam alinhadas ao estado atual do conhecimento; (ii) que contenham as palavras “neurociência” e “ensino de matemática” no título, no resumo ou no campo destinado às palavras-chave de cada pesquisa; (iii) que sejam da área de conhecimento de ensino e aprendizagem de matemática. Os critérios de exclusão foram: (i) trabalhos que estão fora do recorte temporal de 2019 a 2023; (ii) pesquisas de outras áreas do conhecimento que não do ensino de matemática; (iii) pesquisas que não tratam de Neurociência e ensino de matemática.

Ao aplicar os critérios de inclusão e exclusão, através filtros de pesquisas disponíveis na plataforma *online*, o primeiro filtro foi o recorte temporal de 2019 a julho de 2023 do que resultou 90 trabalhos. Após a leitura cuidadosa do título, resumo e palavras-chave de cada trabalho, verificamos o número de trabalhos que continham as palavras escopo desta pesquisa, dentre estes trabalhos 10 não estão autorizados para divulgação e 64 trabalhos são de outras áreas do conhecimento, ou não tratam de Neurociência e ensino de matemática. Desse modo, foi utilizado como material de análise um total de 15 trabalhos. Logo abaixo, encontra-se o quadro de pesquisas selecionadas, destacando título, autor, ano, tipo de pesquisa (tese ou dissertação), linha de pesquisa e nomeados por código (T1, T2, ...).

Quadro 1 - Relação de pesquisas selecionadas.

TÍTULO	AUTOR (ANO)	TIPO DE PESQUISA	LINHA DE PESQUISA	CÓDIGO
Neurociência cognitiva e ensino híbrido: investigando o modelo por rotações no ensino de matemática	Juliana Marcondes de Morais (2019)	Dissertação de Mestrado Profissional	Projetos Educacionais em Ciências	T1
A rotina de estudo de alunos do ensino médio a partir da realização de oficinas sobre estudo e aprendizagem.	Tiago Rodrigues Benedetti (2019)	Dissertação de Mestrado Profissional	Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática	T2
Dificuldades e potencialidades de um estudante do 5º ano com	Uiara Souza da Silva (2019)	Dissertação de Mestrado	Ensino e Aprendizagem em Ciências e	T3

discalculia: neurociência, materiais didáticos e provas operatórias piagetianas.		Profissional	Matemática	
A pedagogia Uerê Mello, a neurociência e a matemática.	Iran Marcelino de Sousa (2019)	Dissertação de Mestrado Profissional	Ensino Básico de Matemática	T4
Um estudo da atenção seletiva na aprendizagem das funções trigonométricas: etiologias e tipologias de erros na perspectiva da neurociência cognitiva.	Luciano Pontes da Silva (2019)	Dissertação de Mestrado	Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	T5
Mecanismos atencionais esperados no processo de aprendizagem de alunos surdos em matemática: uma investigação em livros didáticos do PNL D 2017.	Alanne de Jesus Cruz (2019)	Dissertação de Mestrado	Currículo, Didáticas e Métodos de Ensino das Ciências Naturais e Matemática	T6
Manifestações subjacentes da ansiedade matemática no sistema nervoso autônomo: uma análise da variabilidade da frequência cardíaca, desempenho matemático e função executiva em crianças escolares.	Marcos Guilherme Moura Silva (2019)	Tese de Doutorado	Didática e Formação Docente	T7
A neuroeducação e a teoria das situações didáticas: uma proposta de aproximação para atender à diversidade em sala de aula.	Hercio Da Silva Ferreira (2020)	Tese de Doutorado	Educação Matemática	T8
Ensino e aprendizagem de matemática na síndrome de Williams-Beuren: uma abordagem a partir de pesquisas em neurociência cognitiva.	Fabio Colins da Silva (2020)	Tese de Doutorado	Didática e Formação Docente	T9
O conhecimento de professores de matemática sobre frações: uma análise sob a lente da cognição.	Rogeria Viol Ferreira Toledo (2020)	Tese de Doutorado	Elementos e Metodologias no Ensino de Ciências e Matemática	T10
A produção do conhecimento sobre as contribuições da neurociência para a aprendizagem matemática.	Luciana Montes Pizyblski (2020)	Tese de Doutorado	Práticas Pedagógicas: Elementos Articuladores	T11
Materiais didáticos adaptados e a memória para a aprendizagem de tabelas e gráficos estatísticos com estudante surda.	Luciana Araujo dos Santos (2021)	Dissertação de Mestrado Profissional	Recursos e Tecnologias no Ensino de Ciências e Matemática	T12
Análise da BNCC para o ensino médio e a reestruturação do currículo matemático embasado nas chaves para aprendizagem.	Tais Guinalli Schiavo (2021)	Dissertação de Mestrado Profissional	Ensino Básico de Matemática	T13
A resolução de problemas e as contribuições da neurociência para o ensino de matemática: uma proposta de intervenção.	Valdeir Miatello (2022)	Dissertação de Mestrado Profissional	Epistemologia e Ensino de Ciências Naturais e Matemática	T14
Um estudo sobre as contribuições da neurociência cognitiva para a aprendizagem em matemática.	Daniella Soares Nogueira Ribeiro (2022)	Dissertação de Mestrado	Ensino de Ciências	T15

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Os trabalhos que compõem o *corpus* desta pesquisa trazem contribuições para o campo em questão, demonstrando clareza na exposição das ideias e consistência dos argumentos, sendo 10 dissertações de mestrado e 5 teses de doutorado catalogadas. No início da próxima sessão apresentamos uma breve descrição de cada trabalho, ressaltando os objetivos e os resultados, em seguida discorreremos sobre os principais aspectos encontrados nas pesquisas catalogadas como desenvolvimento da Neurociência, Neurociência e educação, os principais aspectos cerebrais envolvidos na aprendizagem e, por fim, as considerações finais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

- **Uma breve descrição de cada pesquisa**

T1 (2019) tem o objetivo de investigar as bases da Neurociência cognitiva no ensino híbrido e diversificar as formas de ensinar e aprender com abrangem situações-problema do campo aditivo, multiplicativo e raciocínio lógico, aplicadas a 29 alunos entre 10 e 11 anos do 5º ano do ensino fundamental de uma escola pública municipal localizada na cidade de São José dos Campos no interior do estado de São Paulo.

A pesquisa trata-se de uma investigação qualitativa que utilizar como coleta de dados a técnica de observação participante, quando o investigador convive com o grupo estudado, também elaborou planos de aulas com recursos didáticos diversificados como jogos, vídeos, desafios lógicos-matemáticos, leitura, atividades de escritas, por meio do modelo de rotação por estações na qual os alunos se organizam em grupos que rotacionam por diferentes estações de aprendizagem, onde realizam tarefas variadas. Os resultados da pesquisa demonstram que o ensino híbrido tem meios que facilitam a aprendizagem significativa com apoio na Neurociência cognitiva no modelo de rotação por estação os alunos mataram o foco ao acionarem a atenção.

T2 (2019) tem como objetivo analisar os efeitos na rotina da realização de cinco oficinas sobre métodos de estudo e de aprendizagem com base na neurociência e tórias de aprendizagem, verificando a pratica de estudos antes e após as oficinas realizadas durante cinco semanas com 70 alunos da 1ª e 3ª séries do ensino médio de uma escola pública estadual na cidade de Rio Branco no estado do Acre.

A pesquisa tem uma abordagem qualitativa como uma pesquisa-ação, pois T2 (2019) considera um trabalho de pesquisa exploratória que envolve a participação do pesquisador na

condução das oficinas, assim os dados foram coletados através de questionários, produções textuais, observação, registro do pesquisador e alguns relatos de alunos e docentes, isto após o levantamento bibliográfico sobre a aprendizagem pautada em autores da educação e autores da neurociência. Os resultados apontam que após as oficinas presenciais, verificando e comparando a forma e os métodos de estudo dos alunos, houve as mudanças no compromisso, na rotina e na produtividade que estão ligadas à própria autogestão.

T3 (2019) objetiva compreender como os materiais didáticos manipulativos, com o auxílio da Neurociência, podem ajudar na aprendizagem de matemática a um aluno com discalculia do 5º ano de uma Escola Estadual do Ensino Fundamental I no município de Rio Branco do estado do Acre. A pesquisa do tipo estudo de caso de cunho qualitativo envolvendo análise por observação e uso de materiais manipulativos.

Ressalta T3 (2019) que discalculia é considerada como um transtorno de aprendizagem com prejuízo no raciocínio ou no cálculo em matemática, de acordo com a autora através da observação foi percebido que o aluno diagnosticado que fez parte da pesquisa, possuía características da discalculia do tipo verbal pois possuía dificuldades em nomear quantidades, números, símbolos e relações matemáticas. Os resultados demonstram a evolução do desempenho do aluno indica que os materiais manipulativos com o apoio da Neurociência potencializam a aprendizagem de matemática.

T4 (2019) tem o objetivo de apresentar as contribuições da pedagogia UERÊ-MELLO no processo de ensino e aprendizagem em alunos com bloqueios cognitivos devido a estresse emocional advindos de violência, traumas físicos e estresse pós-traumático, elencando conceitos ligados à Neurociência.

No Colégio Pedro II na cidade do Rio de Janeiro onde foi realizada uma atividade com um Grupo de 15 anos com idade entre 15 e 17 anos utilizando os conceitos de razão e proporção trabalhando a oralidade através do estímulo audiovisual, a discussão e atividades escritas. T4 (2019) considera que a pedagogia de UERÊ-MELLO é um resultado do trabalho da autora citadas com crianças em zonas de conflitos, 15 alunos fazem parte de uma classe que atende alunos de 6ª e 7ª do Ensino Fundamental. Os resultados demonstram a evolução dos estudantes e estratégias diversificadas que colocam os alunos como protagonistas de sua aprendizagem, estimulando o potencial de conhecimento.

T5 (2019) é uma pesquisa que investiga a etimologia de erros de tarefas em funções trigonométricas, com os níveis de funcionamento traçados com os níveis de atenção seletiva, realizado com alunos da segunda série do Ensino Médio de uma escola estadual localizada na cidade de Arapiraca no estado de Alagoas.

A pesquisa qualitativa utiliza como metodologia a Engenharia Didática Clássica sendo uma pesquisa experimental, cuja os resultados mostram os erros e as dificuldades de aprendizagem, mas não explicitaram os erros ou lapsos em seus fios condutores, porém alguns deles abordam a etiologia destes e a inserção dos conhecimentos da Neurociência Cognitiva percebida.

T6 (2019) busca articular a didática da matemática com a Neurociência Cognitiva, identificando os mecanismos atencionais aliados ao conteúdo de relações trigonométricas do triângulo retângulo para o auxílio na aprendizagem de alunos surdos ao fazer uma análise dos livros didáticos do 9º ano do Ensino Fundamental mais usados nas escolas da rede estadual situadas na cidade de Aracajú capital do estado de Sergipe.

Os resultados apontam que ainda são necessárias mais pesquisas sobre o tema e os livros didáticos apresentam objetos que chamam a atenção e favorecem os mecanismos da atenção, porém com dificuldades para alunos surdos, além disso a pesquisa ressalta que a Neurociência Cognitiva possui contribuição para o planejamento didático do professor.

T7 (2019) objetiva investigar a variabilidade de frequência cardíaca como um parâmetro associado de ansiedade matemática, quando submetidas a testes de desempenho matemático, de 99 crianças com idades de 9 a 12 anos do 5º e do 6º ano em uma escola pública federal na cidade de Belém capital do estado do Pará.

A pesquisa tem abordagem quanti-qualitativa cuja os resultados demonstram uma relação entre a ansiedade matemática e o desempenho matemático, por exemplo, uma criança com baixo desempenho matemático pode produzir baixo controle inibitório relacionado ao controle das distrações gerando assim maior Ansiedade Matemática.

T8 (2020) tem como objetivo apresentar uma proposta de aplicação de aproximação entre Neuroeducação e a Teoria das Situações Didáticas, com foco nos problemas de aprendizagem e respeitando as diversidades dos alunos advindas de fatores socioeconômicos e socioemocionais.

O percurso da pesquisa se delineiam com uma pesquisa que faz uma revisão de literatura desde a década do cérebro até a década de 2010, apresenta a epistemologia das teorias abordadas. Os resultados destacam a necessidade de formação do professor para observar e analisar as necessidades dos alunos e estratégias didáticas que contemplem a construção de significado, o que ajuda a desenvolver o senso de motivação para aprendizagem.

T9 (2020) busca investigar o efeito do treino de habilidades Matemáticas sobre o desenvolvimento da Cognição Numérica, em um estudante adulto matriculado no 7º ano do

Ensino Fundamental em uma escola da rede estadual no município de Castanhal no estado do Pará, com síndrome de Williams-Beuren que segundo autor é uma doença que compromete o desenvolvimento neurocognitivo da aprendizagem de matemática.

A pesquisa de cunho qualitativo do tipo estudo de caso, cujos resultados apontam os benefícios expressivos em diversas habilidades, como a estimativa da magnitude, a contagem oral crescente e decrescente, no entanto não foi expressivo em habilidades com cálculos que envolvem multiplicação e divisão e fatos aritméticos.

T10 (2020) investiga como ocorre o processamento cognitivo de professores com o conteúdo de frações, verificando estratégias que permitem a melhoria de ensino e aprendizagem do conteúdo. Foram convidados 49 participantes, professores de matemática alunos de pós-graduação de cinco instituições 6 da Federal de Juiz de Fora (UFJF), 13 da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), 18 da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), 6 Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL) e 6 do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).

A pesquisa está pautada em método misto, onde foram empregados coleta de dados como testes e questionários, os resultados mostram que quanto mais são as estratégias utilizadas, mais o professor se mostra competente no processo de ensino e aprendizagem, e, ainda, a necessidade de os professores ressignificarem seus conhecimentos.

T11 (2020) tem como objetivo de investigar a relação entre a aprendizagem de matemática e a Neurociência no Ensino Fundamental, além de identificar contribuições e lacunas através de produções selecionadas.

A pesquisa pautasse em cunho quali-quantitativa com método de revisão sistemática da literatura selecionado 39 documentos dentre estes artigos teses e dissertações, os resultados demonstram que as produções científicas selecionadas apresentam contribuições para o ensino e a aprendizagem de matemática, que se manifestam tanto no âmbito teórico quanto no âmbito prático, oferecendo subsídios para a reflexão e a ação dos professores de matemática.

T12 (2021) tem como objetivo analisar o processo cognitivo da memória e materiais didáticos que podem ajudar na aprendizagem matemática através do tratamento, da informação e de gráficos estatísticos a uma aluna surda com idade de 17 anos do 2º ano do Curso Técnico integrado ao Ensino Médio em informática do IFAC na cidade de Rio Branco no estado Do Acre.

Trata-se de pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso, cuja a coleta de dados foi a partir estudo bibliográfico, análise documental, observação de aulas, análise do plano de aula da professora, questionários, cuja os resultados demonstram a relevância do uso de materiais

didáticos na estimulação do tato, ativação da memória sensorial e estratégias didáticas que auxiliam no aprendizado do estudante surdo.

T13 (2021) objetiva construir um modelo didático para o ensino de matemática considerando a reestruturação da prática docente e do currículo, além de compreender como a Neurociência Cognitiva e a Teoria Antropológica Didática podem ajudar nesta reestruturação e a aprendizagem.

A pesquisa buscou realizar um estudo bibliográfico de cunho qualitativo através de publicações na área didática da matemática, da neurociência cognitiva e da educação, além da análise de documentos que servem de base para a educação no Ensino Médio, como a BNCC e Documento de Orientação Curricular da Bahia, demonstrando como resultados a necessidade de mudança do ensino, ao explorar e informar aos alunos que a capacidade do cérebro, os momentos de erro e o esforço ajudam na aprendizagem amparando em tarefas visuais com conexão com o mundo real.

T14 (2022) tem como objetivo entender os processos cognitivos que envolvem a resolução de problemas, ao analisar as atividades envolvendo equação do segundo grau, desenvolvidas com 24 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola localizada na cidade de Porto Velho no estado de Rondônia.

Trata-se de uma pesquisa qualitativa por meio da observação participativa, foi realizada também uma pesquisa bibliográfica para o entendimento da teoria de Resolução de Problemas e neurocientíficos. Os resultados demonstram que o uso da linguagem e das habilidades de cálculos ao resolver problemas mobilizam os campos neurais, além de mostrar indícios de dificuldades em operações matemáticas básicas que podem ser advindos de um ensino mecânico que não contemplam a realidade do aluno.

T15 (2022) objetiva selecionar e discutir as evidências de contribuições da Neurociência Cognitiva na aprendizagem de matemática e no entendimento das bases neurais envolvidas na aprendizagem de matemática.

A pesquisa de cunho qualitativo que faz uma revisão bibliográfica e sistemática da literatura. Os resultados revelam que estratégias didáticas baseadas em estímulos sensoriais analisados e controlados, na perspectiva da Neurociência, relativos à memória e à atenção, podem ajudar na aprendizagem.

- **Aspectos principais encontrados nas pesquisas catalogadas**

Esta pesquisa aborda os aspectos cruciais para compreender como ocorre a aprendizagem por meios cerebrais e regiões cerebrais que são mais ativada que outras em

relação a aprendizagem de matemática. Desse modo, intensificaram-se as principais temáticas identificadas no corpus desta pesquisa como o processo de aprendizagem cerebral e o desenvolvimento da Neurociência a partir a época da chamada década do cérebro nos anos 1990, os aspectos que relacionam a educação com a Neurociência, os aspectos cerebrais que estão relacionados ao processamento de informações e as principais regiões cerebrais estimuladas pela aprendizagem de matemática.

- **Desenvolvimento da Neurociência**

O período de 1990 a 1999 ficou conhecido como a década do cérebro, devido a ser um momento intenso de pesquisas voltadas para neurociência, esta década do cérebro foi um período de avanço na pesquisa e no conhecimento sobre o funcionamento do sistema nervoso Segundo T8 (2020, p 24) “A chamada ‘década do cérebro’ se caracterizou pelos avanços nas Ciências Neurológicas e isso despertou nos cientistas um grande entusiasmo no estudo do funcionamento cerebral. ” Assim, diversas descobertas e inovações foram realizadas na área da Neurociência, abrangendo aspectos moleculares, celulares, estruturais, funcionais e cognitivos do cérebro.

Um dos principais marcos dessa década foi o desenvolvimento de novas técnicas de neuroimagem. Nesse sentido, T5 (2019, p. 104) afirma que “os estudos envolvendo a atenção ficaram sofisticados após a década do cérebro (1990-2000), quando aparelhos de neuroimagem foram produzidos evidenciando as estruturas cerebrais, bem como seus mecanismos envolvidos com a atenção [...]”. Dessa forma evidenciando o avanço das pesquisas no campo da Neurociência.

O avanço da tecnologia possibilitou a criação de máquinas precisas como a de ressonância magnética, que contribuiu para o avanço das pesquisas. Essas máquinas possibilitam fazer a medição da atividade cerebral, responsável pela linguagem e resolução de problemas; por exemplo, a imagem por ressonância magnética viabiliza a análise da atividade cerebral por meio do fluxo sanguíneo. Segundo T10 (2020, p. 45), “essa técnica se baseia no fato de que o fluxo sanguíneo cerebral e a ativação neuronal estão acoplados. Quando uma área do cérebro está em uso, o fluxo sanguíneo para essa região aumenta”. Ou seja, esse procedimento se fundamenta no fato de que quando uma região cerebral está sendo ativada, ocorre o aumento do fluxo sanguíneo nessa área e essas máquinas permitem medir variações e obter informações sobre o funcionamento do cérebro.

Nos estudos neurocientíficos houve o desenvolvimento de instrumentos não evasivos que coletam imagens internas do corpo humano. Alguns exemplos citados em T1 são a ressonância magnética, a computação evolucionária, entre outros. Assim, o desenvolvimento de técnicas não invasivas possibilita obter imagens de áreas da ativação cerebral relacionadas à aprendizagem, fornecendo informações para entender o processo. Como ressalta T11 (2020, p. 73), “essas técnicas não invasivas: a tomografia por emissão de pósitrons (PET), a ressonância magnética funcional (fMRI) o eletroencefalograma e (EEG) e a magnetoencefalografia (MEG) registram imagens do cérebro humano em funcionamento”. T11 aponta, ainda, que no século XXI houve um aumento vertiginoso desses instrumentos favorecido pelos equipamentos de neuroimagem.

- **Neurociência e educação**

A educação se beneficiou dos avanços da Neurociência Cognitiva, que estuda como o cérebro processa e armazena as informações. Segundo T6 (2019, p. 69), “[...] a Neurociência, ciência que estuda a cognição, ultrapassa seu espaço e estende-se para educação com a finalidade de investigar os processos envolvidos na construção do ensino e aprendizagem”. Dessa forma, percebe-se a relevância de compreender melhor os mecanismos cerebrais relacionados à aprendizagem, pois os educadores podem planejar e avaliar suas intervenções pedagógicas de forma mais eficaz e adequada às necessidades dos alunos.

O cérebro é o principal órgão gerenciador da aprendizagem, com isso as pesquisas em Neuroeducação norteiam o entendimento de como os alunos aprendem. De acordo com T1 (2019, p. 27), “os estudos da Neurociência Cognitiva procuram esclarecer como a aprendizagem ocorre no cérebro, compreendendo quais são as estruturas, os processos fundamentais e o funcionamento do cérebro humano”. Estes estudos trouxeram à tona as possibilidades de compreender os mecanismos envolvidos na aprendizagem, possibilitando ao professor fazer uma reflexão sobre prática didática a partir de um ponto de vista neurobiológico.

Do mesmo modo, T2 discorre sobre a aprendizagem na perspectiva da neurociência, referenciando autores que demonstram ser uma área interdisciplinar abrangente que estuda os aspectos envolvidos no sistema nervoso, sendo a educação uma área interdisciplinar que faz parte da Neurociência. T2 (2019, p. 56) ressalta que “com o desenvolvimento científico e o interesse da comunidade científica pelo processo de aprendizagem, surgiram diversas novas contribuições que vêm para agregar valor e entendimento ao que já se sabia sobre a

aprendizagem dentro do contexto escolar”. T2 ainda destaca o espanto dos autores ao perceberem que poucos professores veem a Neurociência como uma ferramenta valiosa para a educação.

T11 (2020, p. 71) discorre que “a neurociência na educação se justifica quando ocorre transição da sociedade industrial para a sociedade da informação e do saber ocorrido nas últimas décadas”. Por outro lado, T8 (2020, p. 89) reitera que ainda há lacunas, “embora tenhamos praticamente três décadas de pesquisas neurocientíficas desenvolvidas por meio de imagens, a lacuna entre essas pesquisas e a prática educacional ainda é considerável”. Assim, estes fatos demonstram a aproximação entre a educação e Neurociência, porém uma área ainda pouco explorada por professores da educação.

A Neurociência pode ser uma ferramenta para auxiliar a prática pedagógica do professor levando-o a uma flexão da própria prática, Segundo T7 (2019, p. 15), “[..] a Neurociência Cognitiva, por meio de suas pesquisas, estabelece uma relação entre as estruturas cerebrais e a cognição que podem contribuir para a educação de modo que os professores possam refletir sobre a sua prática pedagógica”. Desse modo, ajuda a compreender como os alunos processam as informações, como se motivam, como interagem com o ambiente e como desenvolvem suas habilidades.

T11 (2020) aborda que a neurociência e a educação, sendo Ciências, têm uma relação de proximidade pelo potencial significativo do processo de aprendizagem, evidenciando que a Neurociência deve fazer parte da formação do professor e as informações explicitadas por essa ciência podem servir de base para melhorar a prática de sala de aula, do ponto de vista das mudanças do cérebro durante a aprendizagem

A neurociência é no ensino de matemática, que pode se beneficiar de conhecimentos sobre como o cérebro processa os conceitos matemáticos e quais são as dificuldades e potencialidades do aluno. Nessa linha, T6 (2019, p. 74) contribui ao afirmar que “A Neurociência Cognitiva (NC), quando incorporada ao ensino de Matemática, poderá contribuir para que as estratégias pedagógicas que respeitam a forma como o cérebro funciona tendam a ser mais eficientes”.

A aprendizagem de matemática é um processo complexo que envolve diversos fatores, como a memória, a atenção, o raciocínio lógico, a resolução de problemas e a criatividade. Segundo T10 (2020, p. 43) “Nos últimos anos há uma tentativa de constituir um campo de pesquisa interdisciplinar da Neurociência educacional, que liga Neurociência, Psicologia e Educação, voltado para o ensino e a aprendizagem de conteúdos matemáticos”. Por essa

razão, a neurociência tem contribuído para compreender melhor como o cérebro aprende matemática.

O estudante motivado tende a se envolver mais ativamente nas atividades e demonstra maior disposição para participar de discussões em sala de aula, realizar tarefas e explorar o conteúdo. De acordo com T9 (2020, p. 14) “A Neurociência, enquanto ciência que estuda o neurodesenvolvimento do sistema nervoso central em diversos aspectos (psicológico, biológico, cultural e emocional) [...].” A motivação sustenta a persistência diante de desafios, além de influenciar positivamente a atenção e concentração dos estudantes. É importante observar que a motivação dos estudantes pode ser influenciada por vários fatores, relacionamento com os professores, apoio dos colegas, além de fatores individuais como metas pessoais e interesses.

T11 ressalta que é importante lembrar que a Neurociência não tem o intuito de propor uma nova pedagogia ou de resolver problemas de aprendizagem. T1 leva em consideração o cuidado com a ideia de que estes estudos seriam a solução dos problemas de aprendizagem, mas na verdade servem como uma ferramenta de auxílio para o professor no sentido de entender e respeitar o modo de aprendizagem dos estudantes, além de repensar sua didática.

Essas descobertas não se aplicam direta e imediatamente na escola, elas apenas fundamentam a prática pedagógica que já está sendo realizada, demonstrando, assim, que metodologias ou estratégias didáticas respeitam a maneira como a aprendizagem ocorre no cérebro e, por consequência, tendem a ser mais eficientes (T1, 2019, p. 27).

Ou seja, não se trata de uma nova pedagogia, mas sim de dar ainda mais fundamento à pedagogia existente, do ponto de vista neurobiológico, que possa entrelaçar alternativas metodológicas contribuindo no processo de ensino e aprendizagem; é a utilização de estratégias que estimulam aspectos sensoriais, baseadas em princípios neurocientíficos ligados à memória e à atenção. Essas estratégias podem favorecer a construção de conhecimentos significativos pelos alunos, pois estimulam as diferentes áreas do cérebro envolvidas na aprendizagem e facilitam a retenção e a recuperação da informação.

- **Aspectos cerebrais envolvidos na aprendizagem**

O cérebro é o órgão responsável por processar informações que recebemos do ambiente, assim, para entender como ocorre a aprendizagem, é preciso saber, de forma básica, como ocorre este processamento no cérebro. T6 (2019, p. 61) destaca que “para compreender como ocorre a aprendizagem é necessário conhecer, basicamente, o caminho perpassado pela

informação no cérebro”. Desse modo, a aprendizagem é o resultado das mudanças que ocorrem nas conexões entre os neurônios, chamadas sinapses, em resposta aos estímulos que recebemos, ou seja, quanto mais aprendizagem, mais sinapses são formadas.

- **Neurônio**

T4 (2019) discorre sobre as três partes principais da estrutura do neurônio: o corpo celular contém o núcleo responsável pela integração das informações, os dendritos são prolongamentos que recebem os estímulos de outros neurônios, onde ocorre a recepção das informações, o axônio é um prolongamento que conduz o impulso nervoso de um neurônio para outro. Desse modo, o neurônio é elemento básico fundamental no processo de aprendizagem é uma célula nervosa responsável por transmitir impulsos nervosos.

De acordo com as pesquisas catalogadas neste artigo e autores da Neurociência, o cérebro possui dezenas de bilhões de neurônios, como afirmam Cosenza e Guerra (2011, p.12) que os “processos mentais, como o pensamento e a atenção, fazem parte do funcionamento do cérebro feito através de circuitos nervosos por dezenas de bilhões de células chamadas de neurônios, que recebem e transportam informações pelos circuitos”. T3, T11 e T13 concordam neste ponto, pois conforme T11 (2020, p. 79) “[...] é composto por aproximadamente 100 bilhões (em um cérebro adulto) de células nervosas os neurônios, que estão interconectados entre si e são responsáveis pelo controle de praticamente todas as funções vitais de sobrevivência [...]”. Assim T13 (2021, p. 39) contribui nesse ponto de vista ao afirmar que “o cérebro humano é composto por aproximadamente 100 bilhões de neurônios.” Desse modo, o cérebro humano é considerado o órgão mais complexo do corpo, e ainda há muito a ser descoberto sobre sua estrutura e funcionamento.

- **Sinapses**

A transmissão sináptica é o processo pelo qual os neurônios se comunicam entre si, ocorrendo as sinapses, uma conexão entre os terminais axônicos de um neurônio e as dendrites de um outro. Para T2 (2019, p. 61), “Neste espaço ocorre um processo de comunicação entre um neurônio e outro, por meio de descargas elétricas e liberação de substâncias químicas chamadas de neurotransmissores”. A transmissão sináptica pode ser classificada em dois tipos principais: elétrica e química. T4 (2019) relata que a transmissão

química é mais comum entre os mamíferos e envolve a liberação de neurotransmissores, que são moléculas transportadas de um neurônio para outro.

De acordo com T4 (2019, p. 24),

Os neurotransmissores são biomoléculas (substâncias químicas) produzidas pelos neurônios e armazenadas nas vesículas sinápticas (bolsas presentes nas extremidades dos axônios), como, por exemplo, a adrenalina, a dopamina, a serotonina e as endorfinas, alterando o potencial de ação ou a excitabilidade da célula-alvo.

As tarefas que estão ligadas à aprendizagem, como cálculos matemáticos, ativam a rede neural ocorrendo a transmissão de informações entre os neurônios, ou seja, criando conexões simpáticas. De acordo com T15 (2022, p. 26), “a capacidade dos neurônios de estabelecer contato uns com os outros quando estimulados é um fator determinante. A cada novo estímulo, a rede de neurônios se organiza e se reorganiza, alcançando uma enorme diversidade de respostas”. Desse modo, aprender algo é fazer a estimulação da comunicação entre os neurônios, além disso é a repetição que transforma a memória de curto prazo em memória de longo prazo. A Figura 1 apresenta o processo de transmissão sináptica.

Nesse sentido, T3 destaca que:

Ativar um neurônio ou rede neural, por meio de leitura, investigação, realizar uma pesquisa, assistir a filmes, bem como traduzir um texto em outro idioma e conseguir realizar cálculos matemáticos significa criar conexões sinápticas. São nessas conexões onde se dá a aprendizagem (T3, 2019, p. 67).

Portanto, as sinapses são zonas ativas de contato entre as terminações nervosas dos neurônios, na qual perpassam os estímulos e as informações, como os da aprendizagem de matemática e assim as funções cerebrais dependem da menor estrutura, isto é, os neurônios atuando como uma rede de comunicação no cérebro.

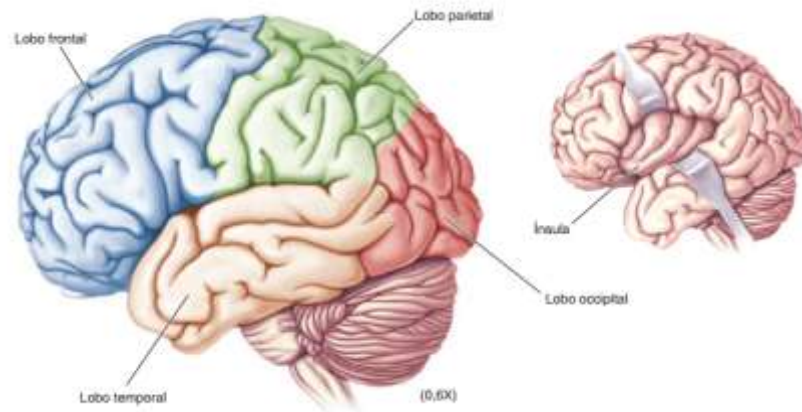
- **Córtex Cerebral**

O córtex cerebral é a camada mais externa do cérebro, formada por uma substância cinzenta. De acordo com T6 (2019, p. 69), “a informação vai passando de uma célula para outra por meio de sinapses que podem ser químicas ou elétricas, até chegar no córtex cerebral, que é responsável por esse processamento”. Desse modo, este se comunica com outras partes do cérebro e do corpo através de redes de neurônios.

O córtex cerebral é responsável por diversas funções, como a percepção sensorial, o controle motor, o processamento da linguagem, a memória, o raciocínio; ele é organizado em

áreas funcionais que se comunicam entre si e com outras partes do sistema nervoso central. O córtex cerebral é dividido em quatro lobos principais: frontal, parietal, temporal e occipital, como mostra a figura 2.

Figura 2 - Ilustração dos lobos cerebrais



Fonte: Bear, Connors e Paradiso (2017, p. 223).

T3 (2019) elenca as principais funções de cada lobo cerebral: o lobo frontal é responsável pelas funções cognitivas superiores ou as chamadas funções executivas e processamento motor; o lobo parietal está relacionado com consciência e atenção, recebendo dados de neurônios relacionados ao toque, dor e sensações; o lobo temporal está vinculado à memória visual, ao processamento auditivo e à compressão da linguagem; e o lobo occipital relaciona-se ao processamento visual e aspectos específicos, como, por exemplo, ler um texto.

- **Regiões do cérebro relacionadas à aprendizagem de matemática de acordo com as pesquisas catalogadas**

O cérebro como um todo, trabalha no processamento de informações, porém existem regiões que são mais ativadas dependendo do processamento, os estudos mostram que o cérebro possui áreas específicas que são mais ativadas que outras, para processar quantidades, operações e símbolos matemáticos, e que essas áreas se desenvolvem desde a infância. T9 discorre sobre as áreas cerebrais ligadas à matemática na fase infantil.

T9 que refere a fase infantil sobre o córtex pré-frontal dorsomedial (T9, 2020, p. 17) afirma que “exercem a função de monitorar a execução de algoritmos aritméticos, ou seja, controlar o desenvolvimento de um cálculo, além de auxiliar no processamento de contagem e na transcodificação numérica” Assim, esta região do cérebro está envolvida em diversas

funções cognitivas complexas, como planejamento, tomada de decisão e raciocínio matemático.

O hipocampo (Hp) é uma estrutura cerebral que está relacionada com a formação e a consolidação da memória. Segundo T9 (2020, p. 16),

Em relação à aprendizagem matemática, o Hp (hipocampo) é ativado quando o aluno é colocado diante de uma situação problema que envolve fatos aritméticos. Isso quer dizer que o Hp desempenha o papel de vincular padrões de associação entre problemas matemáticos e respostas consolidadas na memória de longo prazo.

De acordo com Bear, Connors e Paradiso (2017, p. 846):

Primeiro, o hipocampo parece ter um papel crítico em unir a informação sensorial na consolidação da memória. Segundo uma série de pesquisas, principalmente em roedores, mostrou que o hipocampo é essencial para a memória espacial da localização de objetos de significado para o comportamento.

A amígdala cerebral é uma estrutura que desempenha um papel importante na regulação das emoções, especialmente as relacionadas ao medo, à ansiedade e à agressividade, Conforme T9 (2020, p. 16), “[...] percebe-se que a Am (Amígdala) exerce um papel importante no processo de aprendizagem matemática, pois envolve aspectos relacionados à emoção e à afetividade. Isso pode implicar no processamento da aprendizagem emocional”. Dessa forma, também está envolvida na formação e na consolidação das memórias emocionais, ou seja, aquelas que têm um forte componente afetivo e envolve o processo de cognição numérica relacionado à regulação emocional da aprendizagem (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2017).

T9 (2020, p. 16), nesse sentido, aponta que:

[...] isso implica afirmar que os alunos com ansiedade à matemática têm essa área cerebral ativada com mais frequência. Assim, a ansiedade à matemática ativa a Am (Amígdala) e causa um efeito inibitório sobre as estruturas corticais responsáveis pelo processamento cognitivo.

T10 discorre que o processamento numérico envolve diferentes áreas cerebrais, que são ativadas de acordo com o tipo de informação que recebemos, e dá um exemplo de duas formas diferentes de visualizar uma fração: “Por exemplo, quando olhamos uma fração podemos visualizá-la como um número que representa uma quantidade ou podemos ter uma visão componencial, onde se enxerga dois Números Naturais, um no numerador e outro no denominador” (T10, 2020, p. 46). Desse modo, o processamento numérico depende do

contexto em que os números são apresentados, como em um problema matemático ou em uma situação cotidiana.

T3 ressalta que o lobo parietal está relacionado a diversas funções cognitivas inclusive a de percepção e operações com quantidades, proporção do número. “De acordo com estudiosos de Neurociência, os processamentos de cálculos matemáticos estão associados à região do cérebro conhecida como lobo parietal, mais precisamente a uma fenda nessa região chamada sulco intraparietal - IPS [...]” (T3, 2019, p. 71). Assim, o sulco intraparietal é uma das áreas que são mais ativadas que outras no cérebro quando se trata de aprendizagem de matemática.

Uma representação mental a chamada fileira dos números é uma forma de imaginar os números em uma sequência ordenada, Cosenza e Guerra (2011) quando discorre sobre a fileira numérica dá um exemplo, resultando que números não próximos são avaliados mais rapidamente, segundo Cosenza e Guerra (2011, p. 110) “[...] a diferença entre 13 e 5 é percebida mais rapidamente que a diferença entre 7 e 6. Existem evidências que isso é feito por intermédio de uma representação mental de que todos nós fazemos uso: uma linha ou fileira dos números[...].” Assim, esta forma de imaginar os números como se estivessem dispostos em uma linha reta, ajudando na percepção de ordem, magnitude e sucessão.

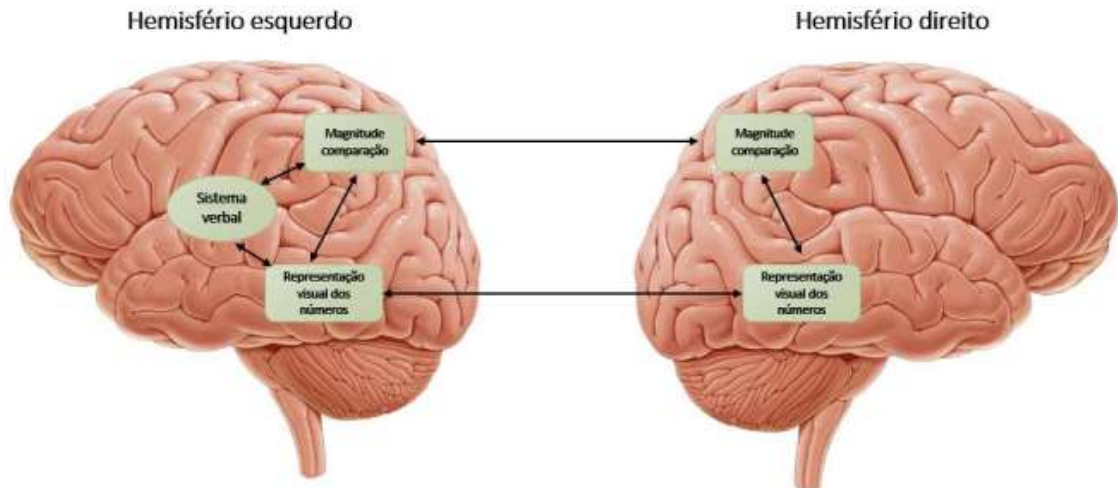
- **Modelo do Triplo Código**

T10 e T14 discorrem sobre o Modelo do Triplo Código, que consiste em uma forma de demonstrar o processamento dos números no cérebro, sendo este um modelo muito utilizado. T10 (2020, p. 47) descreve as áreas do cérebro que são ativadas ao fazer comparação de frações, na perspectiva de Cosenza e Guerra (2011).

Segundo o Modelo do Triplo Código, o processamento numérico envolve pelo menos três áreas cerebrais:

A primeira delas é responsável pela percepção de magnitude dos números (fileira numérica) ou noção de quantidade nos dois hemisférios do córtex do lobo parietal, ao redor do sulco intraparietal; a segunda pela representação visual dos símbolos numéricos (algarismos arábicos) ou a decodificação dos algarismos localizada numa porção do córtex na junção occipito-temporal, nos dois hemisférios cerebrais; e a terceira representação verbal dos algarismos está localizada na região cortical do hemisfério esquerdo, envolvendo regiões do temporo-parietal ligado à linguagem (CONSENZA; GUERRA, 2011, p. 112).

Figura 7 - Modelo do Triplo Código



Fonte: Toledo (2020, p. 47).

T14 aborda a estratégia didática da Resolução de Problemas, uma tendência de área de educação matemática, considerando uma estratégia que mobiliza as áreas cerebrais relacionadas ao Modelo. Segundo T14 (2022, p. 45), “a resolução de problemas vai além da simples apresentação mecânica de um conteúdo e pode ser capaz de mobilizar as áreas do cérebro que compõem o triplo código”. Assim a neurociência proporciona, entre outros tópicos, uma compreensão aspectos relacionados a como o cérebro aprende.

Sendo assim, a Neurociência pode contribuir para a educação ao oferecer evidências científicas sobre o funcionamento do cérebro e as melhores práticas pedagógicas, para estimular o desenvolvimento cognitivo e socioemocional dos alunos. T6 (2019, p. 73) assegura que, “para que as conexões nervosas sejam formadas e a aprendizagem ocorra, o ambiente é um estímulo fundamental nesse processo”. A neurociência pode, ainda, promover a formação continuada dos professores, ao fornecer-lhes conhecimentos atualizados sobre o processo de ensino-aprendizagem e as formas de avaliar os resultados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho discorreu sobre as contribuições da Neurociência e a aprendizagem de matemática, demonstrando sobre a intersecção entre a Neurociência e a educação, destacando como essa disciplina podem se complementar para melhorar a experiência de aprendizagem dos alunos. Os estudos apresentados levam à reflexão sobre como ocorre a aprendizagem, respeitando o modo como os estudantes têm de aprender e, além disso, pensar na sua própria aprendizagem também como um processo de autoconhecimento.

Ao analisar os trabalhos disponíveis na base de dados da CAPES, em geral, as pesquisas demonstram as contribuições e preceitos da Neurociência para a educação, na perspectiva da aprendizagem, considerando o cérebro como o lugar onde acontecem as mudanças para a aprendizagem. Na mesma medida, há desafios a serem superados, pois os autores consideram que muitos educadores ainda não perceberam a perspectiva e as potencialidades da Neurociência na aprendizagem.

Uma forma de entendermos melhor o funcionamento do cérebro é ter acesso às informações através de estudos e pesquisas, o que permite, como educadores, desenvolver metodologias que se adequem à realidade cognitiva de nossos alunos. Assim, podemos ‘ver’ o aluno como um ser único no mundo, com suas próprias limitações e possibilidades – aspectos que podem facilitar a aprendizagem.

Desse modo, quando ocorre uma aprendizagem efetiva, ocorre também formação de sinapses que facilitam o caminho de informações, aumento da massa cinzenta relacionada ao córtex cerebral, responsável por funções cognitivas importantes para aprendizagem efetiva. É um processo que envolve a modificação das conexões neurais, chamadas de sinapses, que permitem a transmissão de informações entre os neurônios - quanto mais sinapses são formadas, mais fácil se torna o acesso e a retenção das informações. Portanto, a formação de sinapses é um indicador de que houve uma aprendizagem efetiva.

Ainda, os trabalhos do corpus desta pesquisa e autores que discorrem sobre o tema demonstram que a Neurociência aplicada à educação não é uma nova pedagogia para substituir as existentes e nem a solução para todos os problemas de aprendizagem, mas que agrega ainda mais cientificidade e embasamento às teorias pedagógicas existentes e contribui no aspecto biológico da aprendizagem, orientando a prática do professor, respeitando as capacidades dos estudantes e atendendo suas necessidades e assim entendendo seu próprio processo de aprendizagem, que é único de cada indivíduo.

REFERÊNCIAS

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências**: desvendando o sistema nervoso. 4. ed. Porto Alegre: Artmed. 2017. 1016 p.

CONSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação**: como o cérebro aprende. 1. ed. Porto Alegre: Artmed. 2011. 151 p.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2016. 317 p.

Referências do *corpus* da pesquisa

BENEDETTI, T. R. **A rotina de estudo de alunos do ensino médio a partir da realização de oficinas sobre estudo e aprendizagem.** 2019. 269f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019.

CRUZ, A. D. J. **Mecanismos atencionais esperados no processo de aprendizagem de alunos surdos em matemática:** uma investigação em livros didáticos do PNLD 2017. 2019. 140f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2019.

FERREIRA, H. D. S. **A neuroeducação e a teoria das situações didáticas:** uma proposta de aproximação para atender à diversidade em sala de aula. 2020. 120f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

MIATELLO, V. **A resolução de problemas e as contribuições da neurociência para o ensino de matemática:** uma proposta de intervenção. 2022, 85f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Matemática) - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2022.

MORAIS, J. M. **Neurociência cognitiva e ensino híbrido:** investigando o modelo por rotações no ensino de matemática. 2019. 122f. Dissertação (Mestrado Profissional em Projetos Educacionais de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

PIZYBLKI, L. M. **A produção do conhecimento sobre as contribuições da neurociência para a aprendizagem matemática.** 2020. 261f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2020.

RIBEIRO, D. S. N. **Um estudo sobre as contribuições da neurociência cognitiva para a aprendizagem em matemática.** 2022. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2022.

SANTOS, L. A. **Materiais didáticos adaptados e a memória para a aprendizagem de tabelas e gráficos estatísticos com estudante surda.** 2021. 222f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2021.

SCHIVO, T. C. **Análise da BNCC para o ensino médio e a reestruturação do currículo matemático embasado nas chaves para a aprendizagem.** 2021. 230f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) - Universidade Federal do Oeste da Bahia, Barreiras, 2021.

SILVA, F. C. D. **Ensino e aprendizagem de matemática na síndrome de Williams-Beuren:** uma abordagem a partir de pesquisas em Neurociência Cognitiva. 2020. 144f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

SILVA, L. P. **Um estudo da atenção seletiva na aprendizagem das funções trigonométricas:** etiologias e tipologias de erros na perspectiva da neurociência cognitiva. 2019. 209f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

SILVA, M. G. M. **Manifestações subjacentes da ansiedade matemática no sistema nervoso autônomo:** uma análise da variabilidade da frequência cardíaca, desempenho matemático e função executiva em crianças escolares. 2019. 113f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

SILVA, U. S. **Dificuldades e potencialidades de um estudante do 5º ano com discalculia:** neurociência, materiais didáticos e provas operatórias piagetianas. 2019. 227f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019.

SOUSA, I. M. **A pedagogia UERÊ-MELLO, a neurociência e a matemática.** 2019. 81f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) - Rio de Janeiro, 2019.

TOLEDO, R. V. F. **O conhecimento de professores de matemática sobre frações:** uma análise sob a lente da cognição. 2020. 207f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2020.